

Real time detection of foreign objects in object to be tested

Patent number: DE19632478
Publication date: 1998-02-19
Inventor: SCHOLZ OLIVER (DE); KOSTKA GUENTHER DIPL
PHYS DR R (DE); HANKE RANDOLF DIPL PHYS (DE);
BAUER NORBERT DR ING (DE)
Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)
Classification:
- **international:** G01V5/00; G01N23/06
- **european:** G01N23/18; G01V5/00D
Application number: DE19961032478 19960812
Priority number(s): DE19961032478 19960812

Report a data error here

Abstract of DE19632478

The detection method is carried out in steps: (a) radiation of the object (104) under test with a radiation (106); (b) detecting the radiation in pixels, with the radiation penetrating the object under test; (c) determining an absorption value based on a multiple of pixels, lying in a predetermined surface area; (d) the absorption value is compared with a predetermined threshold value; (e) it is then determined, whether a foreign body is present in the object under test, based on the result of the comparison. The step (c) includes the adding up of the grey values of pixels ($P(n)$) of a line or a predetermined section to a line result ($Z(m)$) and further adding up the line results.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 32 478 A 1

51 Int. Cl.⁶:
G 01 V 5/00
G 01 N 23/06

21 Aktenzeichen: 196 32 478.5
22 Anmeldetag: 12. 8. 96
43 Offenlegungstag: 19. 2. 98

DE 196 32 478 A 1

71 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

74 Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 81479
München

72 Erfinder:
Scholz, Oliver, Dipl.-Inform., 91058 Erlangen, DE;
Kostka, Günther, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 91056
Erlangen, DE; Hanke, Randolph, Dipl.-Phys., 90766
Fürth, DE; Bauer, Norbert, Dr.-Ing., 91058 Erlangen,
DE

56 Entgegenhaltungen:
DE 23 65 221 C2
DE 40 27 359 A1
US 54 90 218

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt

57 Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt wird zunächst das Prüfobjekt mit einer Strahlung bestrahlt und anschließend die das Prüfobjekt durchdringende Strahlung pixelweise erfaßt. Anschließend wird aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln ein Absorptionswert bestimmt und dieser mit einem vorbestimmten Schwellenwert verglichen. Anhand des Vergleichsergebnisses wird bestimmt, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt vorhanden ist.

DE 196 32 478 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf die automatische, radioskopische Kontrolle von bestrahlten Prüfobjekten auf Fremdkörper.

In vielen Bereichen der industriellen Produktion ist es erforderlich, Fremdkörper in einem Produkt festzustellen und fehlerhafte Produkte auszuschleusen. Beispiele hierfür finden sich z. B. in der Nahrungsmittelindustrie, wo u. a. Schrotkugeln, Glasscherben, Metallsplitter, Steine und andere Fremdkörper in Konservendosen auftreten können.

Die zu prüfenden Objekte befinden sich im allgemeinen auf einem sich kontinuierlich mit hoher Geschwindigkeit bewegendem Fließband, auf dem sie durch eine radioskopische Prüfanlage bewegt werden. In der Prüfanlage werden sie von einer Röntgenquelle durchstrahlt, die in einer Kamera ein von der Strahlungsabsorption des Objekts abhängiges Intensitätsmuster verursacht.

Üblicherweise wird aus wirtschaftlichen Gründen die Prüfung mit der Taktzeit der Produktionsanlage durchgeführt. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit des Fließbandes ist es aus Kostengründen nicht sinnvoll, rechenintensive Verfahren zur Bildauswertung anzuwenden, weshalb in der Regel ein einfaches Schwellenwertverfahren eingesetzt wird. Aufgrund der Absorption eines Fremdkörpers ergibt sich ein Kontrast zum Bildhintergrund. Übersteigt dieser Kontrast einen bestimmten Schwellenwert, gilt ein Fremdkörper als erkannt, und das zu prüfende Objekt wird ausgesondert. Eine Variante des Schwellenwertverfahrens prüft die Differenz zweier benachbarter Bildpunkte der Zeile. Ist diese Differenz größer als der Schwellenwert, wird das zu prüfende Objekt ausgesondert.

Ein Nachteil bei solchen konventionellen Schwellenwertverfahren besteht darin, daß die Wahl des geeigneten Schwellenwertes kritisch ist, d. h. durch geringe Änderungen des Schwellenwertes kann bereits eine Fehldetektion erfolgen. So kann durch statistische Schwankungen (z. B. durch Rauschen oder Störungen, aber auch durch Inhomogenitäten der Empfindlichkeit der Röntgenkamera) der Schwellenwert überschritten werden. Wird die Auslöseschwelle dagegen unempfindlicher eingestellt, können nur Fremdkörper mit einem größeren Kontrast (Absorptionsunterschied) gegenüber der Umgebung detektiert werden.

Ferner hängt die Erkennungswahrscheinlichkeit eines Fremdkörpers bei diesem Verfahren wesentlich von der Lage des Fremdkörpers ab. So ruft beispielsweise eine feine Nadel, die parallel zur Strahlungsrichtung ausgerichtet ist, aufgrund der hohen Durchstrahlungslänge in der Strahlungsrichtung eine starke Grauwertveränderung in der Kamera hervor, womit dieser Fremdkörper gut erkannt werden kann. Liegt dieselbe Nadel jedoch senkrecht zur Strahlungsrichtung, wird die Grauwertveränderung auf viele Bildpunkte verteilt und kann im Bildrauschen untergehen bzw. unter dem Schwellenwert liegen.

Ein weiteres Problem, das sich bei Schwellenwertverfahren mit festem Schwellenwert einstellt, besteht in Objekten, deren Durchstrahlungsdicke variiert. So ist z. B. in der Mitte einer Konservendose erheblich mehr zu durchstrahlendes Material vorhanden als am Rand der Dose. Befindet sich die Kamera in der Mitte der

Dose, wird erheblich mehr Strahlung absorbiert als am Rand, was eine ständige Nachführung des Schwellenwertes notwendig macht.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt zu schaffen, bei dem eine lageinvariante Erkennung von Fremdkörpern in dem Prüfobjekt mit variablen geometrischen Abmessungen bei einem hohen Prüfdurchsatz ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung nach Anspruch 5 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt mit folgenden Schritten: a) Bestrahlen des Prüfobjekts mit einer Strahlung; b) pixelweises Erfassen der Strahlung, die das Prüfobjekt durchdringt; c) Bestimmen eines Absorptionswertes aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln; d) Vergleichen des Absorptionswertes mit einem vorbestimmten Schwellenwert; und e) Bestimmen, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt vorhanden ist, anhand des Ergebnisses des Vergleichs aus Schritt d).

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt, mit einer Bestrahlungseinrichtung, die das Prüfobjekt mit einer Strahlung bestrahlt; einer Strahlungserfassungseinrichtung, die die das Prüfobjekt durchdringende Strahlung pixelweise erfaßt; und einer Berechnungseinrichtung, die einen Absorptionswert aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln bestimmt, den Absorptionswert mit einem vorbestimmten Schwellenwert vergleicht, und aufgrund des Vergleichsergebnisses bestimmt, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt vorhanden ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine lageinvariante Erkennung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt dadurch ermöglicht wird, daß gegenüber herkömmlichen Verfahren ein Absorptionsintegral über das zu prüfende Objekt gebildet wird. Die absorbierte Intensität der Röntgenstrahlung hängt vom Volumen des Objekts, sowie von seinem Absorptionskoeffizienten ab. Je größer die Differenz der Absorptionskoeffizienten von Fremdkörper und Hintergrund ist, desto besser ist der Fremdkörper erkennbar.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß durch die Integration des Absorptionswertes über die durchstrahlte Fläche senkrecht zur Strahlrichtung die lageinvariante Erkennung von Fremdkörpern in Objekten ermöglicht wird.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß das erfindungsgemäße Verfahren zur hardwaremäßigen Implementierung geeignet ist, wodurch ein hoher Prüfdurchsatz erreicht wird und damit hohe Bandgeschwindigkeiten, auf denen die Prüfobjekte an der Röntgenquelle vorbeigeführt werden, realisiert werden können.

Bevorzugte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

Nachfolgend wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt.

Anhand der Fig. 1 wird nachfolgend ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung

tung näher beschrieben. Die Vorrichtung ist in der Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 100 versehen.

Die Vorrichtung 100 zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt umfaßt eine Bestrahlungseinrichtung 102, die ein Prüfobjekt 104 mit einer Strahlung 106 bestrahlt. Das Prüfobjekt wird bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel auf einer Fördereinrichtung 108 durch die Vorrichtung 100 bewegt.

Mittels einer Strahlungserfassungseinrichtung 110 wird die das Prüfobjekt durchdringende Strahlung pixelweise erfaßt und in einer Berechnungseinrichtung 112, die wirksam mit der Strahlungserfassungseinrichtung 110 verbunden ist, wird ein Absorptionswert aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln bestimmt. Ferner vergleicht die Berechnungseinheit 112 den Absorptionswert mit einem vorbestimmten Schwellenwert und bestimmt aufgrund des Vergleichsergebnisses, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt vorhanden ist. Wenn ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt vorhanden ist, gibt die Berechnungseinheit 112 ein Steuersignal an die Steuerung 114 ab, die ihrerseits ein Signal 116 an die Fördereinheit 108 abgibt, um zu bewirken, daß das Prüfobjekt 104, das einen Fremdkörper aufweist, nach dem Durchlaufen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgesondert wird.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wird als Bestrahlungsquelle eine Röntgenstrahlungsquelle verwendet, und als Strahlungserfassungseinrichtung 110 dient eine Röntgenzeilenkamera.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel umfaßt die Berechnungseinheit 112 der Vorrichtung 100 einen Speicher, bevorzugterweise einen FIFO-Speicher (FIFO = first-in-first-out), sowie ein Rechenwerk.

Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens näher beschrieben.

Wie es bereits oben ausgeführt wurde, besteht der grundlegende Unterschied gegenüber herkömmlichen Verfahren darin, daß das Absorptionsintegral über das zu prüfende Objekt gebildet wird. Die absorbierte Intensität der Röntgenstrahlung hängt vom Volumen des Objekts sowie von seinem Absorptionskoeffizienten ab. Je größer die Differenz der Absorptionskoeffizienten von Fremdkörper und Hintergrund ist, desto besser ist der Fremdkörper erkennbar.

Üblicherweise wird die Untersuchung der Kameradaten zeilenweise durchgeführt, was insbesondere bei Zeilenkameras der Fall ist. Um unabhängig von Veränderungen der Abmessungen des Prüfobjekts zu sein, ist es notwendig, die Ergebnisse einer vorhergehenden Zeile zwischenspeichern, um die Differenz der aktuellen Zeile und des Mittelwerts der vorherigen Zeile zu bilden. Dies führt dazu, daß das Ergebnis wesentlich unabhängiger von den Abmessungen des durchstrahlten Prüfobjekts ist, da die durchstrahlte Strecke von Zeile zu Zeile nicht stark schwankt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß bei Prüfobjekten mit einer konstanten Durchstrahlungsdicke auf diesen Vorverarbeitungsschritt verzichtet werden kann.

Um vom inhärenten Bildrauschen unabhängig zu werden, bietet es sich an, im weiteren nur diejenigen Pixel zu betrachten, bei denen das Resultat der Vorverarbeitung über einem Schwellenwert bzw. oberhalb der Maskierungsschwelle liegt, der durch das typischerweise in einem Bild vorhandene Rauschen bestimmt ist. Die

Wahl der Markierungsschwelle ist im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren unkritisch, da sie lediglich dazu dient, den eventuell störenden Einfluß eines Bildrauschens zu unterdrücken.

Betrachtet man nun ein einzelnes Pixel $P(n)$ einer aktuellen Zeile, so hängt dessen Grauwert von den Absorptionskoeffizienten der Materialien in dem durchstrahlten Volumen ab. Da durch die Vorverarbeitung bereits durch die geometrischen Abmessungen des Objekts bedingte Variationen des Grauwerts weitgehend eliminiert wurden, beruhen die nun noch vorhandenen Schwankungen im Signal auf der unterschiedlichen Absorption der verschiedenen Materialien (Fremdkörper) im Strahlengang sowie der durchstrahlten Länge der Materialien. Der Grauwert des Pixels $P(n)$ ist somit proportional zur in Strahlungsrichtung liegenden durchstrahlten Länge des Fremdkörpers.

Nach der Vorverarbeitung werden alle Pixel der Zeile oder eines gewählten Ausschnittes der Länge N zum Zeilergebnis $Z(m)$ aufaddiert. Damit gehen die Abmessungen des Fremdkörpers in zwei Raumrichtungen (Ausschnitt der Länge N sowie durchstrahlte Dicke) in das Ergebnis ein:

$$Z(m) = \sum_N P(n)$$

Durch Addition der Zeilergebnisse $Z(m)$ der letzten M Zeilen wird so das Flächenintegral über die Fläche $N \times M$ gebildet:

$$V(m) = \sum_M Z(m) = \sum_M \sum_{MN} P(n)$$

Somit gehen die Abmessungen des Fremdkörpers in alle drei Raumrichtungen in das Meßergebnis ein. Je größer das Volumen des Fremdkörpers ist und je größer sein Absorptionskoeffizient ist, desto größer ist der Wert $V(m)$. Überschreitet dieser Wert einen gewissen Schwellenwert, gilt ein Fremdkörper als erkannt. Dieser Schwellenwert hängt vom Material und vom Volumen der zu erkennenden Fremdkörper ab.

Da das gesamte Volumen des durchstrahlten Materials auf das Meßergebnis einwirkt, ist es unerheblich, welche Orientierung der Fremdkörper hat, da sich im wesentlichen nur die Verteilung der Absorption auf die Bildpunkte ändert, ihre Summe aber annähernd gleich bleibt. Einzelne Bildpunkte steuern daher nur einen kleinen Anteil zum Resultat $V(m)$ bei, wodurch die Festlegung eines Schwellenwertes im Vergleich zu herkömmlichen einfachen Schwellenwertverfahren wesentlich unkritischer wird.

Eine weitere Eigenschaft des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß pro Pixel im wesentlichen nur drei einfache Operationen (Additionen) durchzuführen sind, nämlich die Addition des aktuellen Grauwertes zur Mittelwertbildung der aktuellen Zeile, sowie die Subtraktion des Mittelwerts der vorherigen Zeile, und die Addition dieses Ergebnisses auf das Zeilenintegral der aktuellen Zeile. D.h., daß die Daten einer Aufnahmezeile auf einen einzigen Wert $Z(m)$ zu reduzieren sind, der ein Maß für die Absorption entlang der Zeile darstellt. Bei einem Prüffenster der Länge M ist es also nur erforderlich, die letzten M Ergebnisse zwischenspeichern. Kommt z. B. ein neues Zeilergebnis $Z(m')$ hinzu, ist das aktualisierte Ergebnis für das Volumen:

5

$$V(m') = V(m' - 1) + Z(m') - Z(m' - M).$$

Es müssen somit nur M Zwischenergebnisse gespeichert werden, und pro Zeile zwei weitere Additionen und ein Vergleich mit dem Schwellenwert ausgeführt werden, um das Ergebnis zu aktualisieren. Weiterhin ist eine Division pro Zeile nötig, um den mittleren Grauwert der aktuellen Zeile zu normieren.

Es ist offensichtlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren somit besonders dazu geeignet ist, hardwaremäßig realisiert zu werden, was die hohe Verarbeitungsleistung erst ermöglicht.

Wie es bereits oben ausgeführt wurde, umfaßt die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Speicher zur Speicherung der letzten M Zeilenintegrale sowie ein Rechenwerk und eine Ablaufsteuerung ein. Die Ablaufsteuerung steuert Speicher und Rechenwert derart, daß pro Zeile ein Gut/Schlecht-Ergebnis über das durch die letzten M Zeilen definierte Volumen berechnet wird. Durch die Bewertung des Volumens des Fremdkörpers und durch Eliminierung von Schwankungen des Zeilenmittelwertes ist die Erkennung weitgehend unabhängig von Lage und Größe des zu erkennenden Fremdkörpers und den geometrischen Schwankungen des zu prüfenden Objekts.

Es wird darauf hingewiesen, daß die obige Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens lediglich ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel darstellt, auf das die vorliegende Erfindung nicht beschränkt ist. Die wesentlichen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Echtzeitbestimmung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt sind das Bestrahlen des Prüfobjekts mit einer Strahlung, das pixelweise Erfassen der Strahlung, die das Prüfobjekt durchdringt, das Bestimmen eines Absorptionswertes aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln, das Vergleichen des Absorptionswertes mit einem vorbestimmten Schwellenwert und das Bestimmen, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt vorhanden ist aufgrund des Vergleichsergebnisses.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt mit folgenden Schritten:

- a) Bestrahlen des Prüfobjekts (104) mit einer Strahlung (106);
- b) pixelweises Erfassen der Strahlung, die das Prüfobjekt (104) durchdringt;
- c) Bestimmen eines Absorptionswertes aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln;
- d) Vergleichen des Absorptionswertes mit einem vorbestimmten Schwellenwert; und
- e) Bestimmen, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt (104) vorhanden ist, anhand des Ergebnisses des Vergleichs aus Schritt d).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt c) folgende Schritte umfaßt:

- c1) Aufaddieren der Grauwerte von Pixeln (P(n)) einer Zeile oder eines vorbestimmten Abschnitts zu einem Zeilenergebnis (Z(m)) gemäß folgender Gleichung:

$$Z(m) = \sum_N P(n)$$

6

c2) Aufaddieren der Zeilenergebnisse (Z(m)) für eine vorbestimmte Anzahl (M) von Zeilen, um den Absorptionswert zu erhalten, gemäß folgender Gleichung:

$$V(m) = \sum_M Z(m) = \sum_{NM} P(n)$$

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem vor dem Schritt c1) die Differenz der erfaßten Zeile und des Mittelwertes der vorhergehenden Zeile gebildet wird, um eine Maskierungsschwelle zu bilden, und nur solche Pixel zur Bestimmung des Absorptionswertes herangezogen werden, deren Grauwert oberhalb der Maskierungsschwelle liegt.

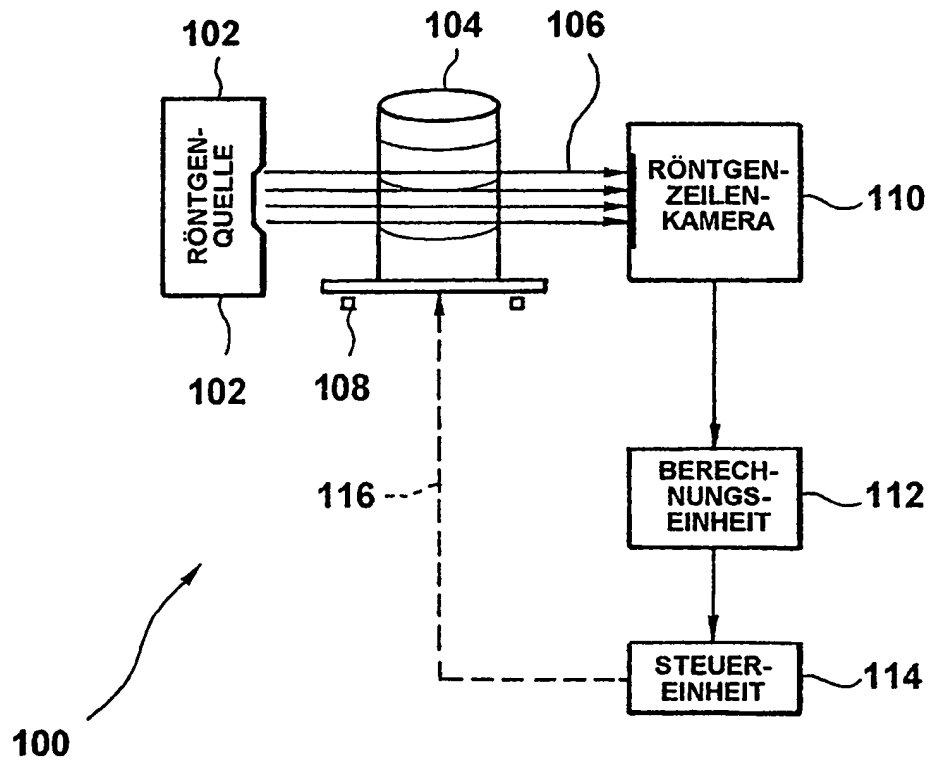
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die zur Bestrahlung verwendete Strahlung eine Röntgenstrahlung ist.

5. Vorrichtung zur Echtzeiterfassung von Fremdkörpern in einem Prüfobjekt mit:

- einer Bestrahlungseinrichtung (102), die das Prüfobjekt (104) mit einer Strahlung (106) bestrahlt;
 - einer Strahlungserfassungseinrichtung (110), die die das Prüfobjekt (104) durchdringende Strahlung pixelweise erfaßt; und
 - einer Berechnungseinrichtung (112), die einen Absorptionswert aufgrund einer Mehrzahl von in einem vorbestimmten Flächenbereich liegenden Pixeln bestimmt, den Absorptionswert mit einem vorbestimmten Schwellenwert vergleicht, und aufgrund des Vergleichsergebnisses bestimmt, ob ein Fremdkörper in dem Prüfobjekt (104) vorhanden ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei dem die Bestrahlungsvorrichtung eine Röntgenstrahlungsquelle ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei dem die Strahlungserfassungseinrichtung (110) eine Röntgenzielkamera ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

**FIG.1**